

氏 名	赤村 岳人
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	博甲第 820 号
学位授与の日付	平成 18 年 3 月 22 日
学位授与の要件	課程博士 (学位規則第 4 条第 1 項)
学位授与の題目	織機開口運動によるヘルドの挙動と衝突音に関する研究
論文審査委員 (主査)	喜成 年泰 (自然科学研究科・教授)
論文審査委員 (副査)	新宅 敦徳 (自然科学研究科・教授), 立矢 宏 (自然科学研究科・助教授), 岩田 佳雄 (自然科学研究科・教授), 松平 光男 (教育学部・教授)

Noise in weaving mills has become very serious problem with increasing speed of weaving machine in recent years. One of these sources of noise is the collision sound of healds caused by shedding motion. It was clarified that the collision sound of healds is significantly connected with motion of heald during a period of shedding motion. On the other hands, it has been already understood that the tension of warp yarn significantly affects the behavior of heald. In this research, therefore, photographs of the behavior of heald in a shedding period were taken by using a high-speed-camera system on a model shedding device. At the same time, noise was measured to investigate the collision sound of healds. And also jumping behavior of heald is investigated theoretically. Collision between healds and heald bar caused by heald jumping and the collision of healds were observed. It was confirmed that noise is the largest at the both collision timings. Power spectrum of sound shows that heald collision frequency is around 10kHz. It was also observed that the collision of heald and heald bar was delayed or eliminated with increasing tension of warp yarn by photographic observation. At the same time, noise was decreased with increasing warp tension. Sound pressure signals during a period of shedding motion, some peaks of power spectrum are emphasized near the upper dead point of shedding motion estimated by simulations.

織布工場内の騒音は織機の速度の増加に伴って大きくなってきており、近年の織機における騒音源の主なものは開口運動によるヘルドの衝突となっている。またその衝突音は、開口一周期の間のヘルドの動きに大きく関係していることが以前の研究で明らかになっている。そこで本研究では、開口運動中のヘルドの動きと騒音の関係を明らかにすることを主目的とし、ヘルドの飛び跳ね挙動、特にヘルドの飛び跳ねからヘルドとヘルドバーの最初の衝突に至るまでの挙動を理論的に導き、衝突時刻を導出する。次にモデル開口装置を使用して、開口運動時におけるヘルドの挙動をハイスピードカメラで撮影し、その映像からヘルドがヘルドバーから跳び上がる時刻やヘルドとヘルドバーの衝突時刻などを求める。併せてマイクログフォンによる騒音測定も行い、ヘルドの挙動と騒音の関係、ヘルドの衝突による騒音レベルへの影響などを検討する。また一方、たて糸の張力はヘルドの飛び跳ね挙動に大きく影響しており、織機のスピードに応じて適切なたて糸張力に設定することも必要である。このことより、本研究においても、たて糸張力を考慮した理論式を導出する。また数通りのたて糸張力をかけた状態についての撮影、騒音測定も行い、たて糸張力とヘルドの挙動、騒音との関係についても検討する。

本研究で使用了モデル開口装置は、てこリンク機構と偏りスライダリンク機構を組み合わせた開口メカニズムとなっている。その開口メカニズムを図 1 に示す。スライダ部分がヘルドフレームにあたる。このことよりヘルドフレームの変位、速度、加速度を理論的に求めることができる。またヘルドに加わる重力、たて糸張力などから、開口運動中のヘルドの運動の理論式を導くことができる。これらヘルドフレームとヘルドの運動の理論式より、ヘルドバーとヘルドの衝突を理論的に表現することができる。

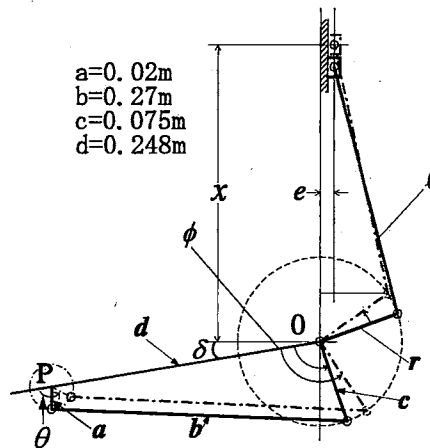


Fig.1 Mechanism of Shedding Motion

実験に使用したモデル開口装置を図2に示す。

ヘルドの挙動の撮影は、図に示すように、モデル開口装置に高速度カメラ、ライト、中間点の目印 (Intermediate Point) を設置して行う。中間点の目印は、カメラの映像に装置フレームの運動しない定点を映すことによって運動の基準点とするために用いた。

騒音は音圧型コンデンサマイクروفオン(アコー製 TYPE7017)をヘルドフレームの前面中心から 20mm 離れたところに設置して測定する。マイクروفオンで取り込んだ音はハイパスフィルタを通して 60Hz 以下の低周波数のノイズを除去した後、データレコーダ(KEYENCE 製 NR-2000)に 50kHz のサンプリング周波数で記録する。また同時に、ヘルドフレームの変位をレーザ変位計(KEYENCE 製 LB-60)によって測定した。

ヘルドにたて糸張力をかける場合は、たて糸の張力はつるしたおもりによって調整し、たて糸 1 本あたり 5~30cN に設定した。開口装置の回転数は 240rpm と 480rpm に設定した。

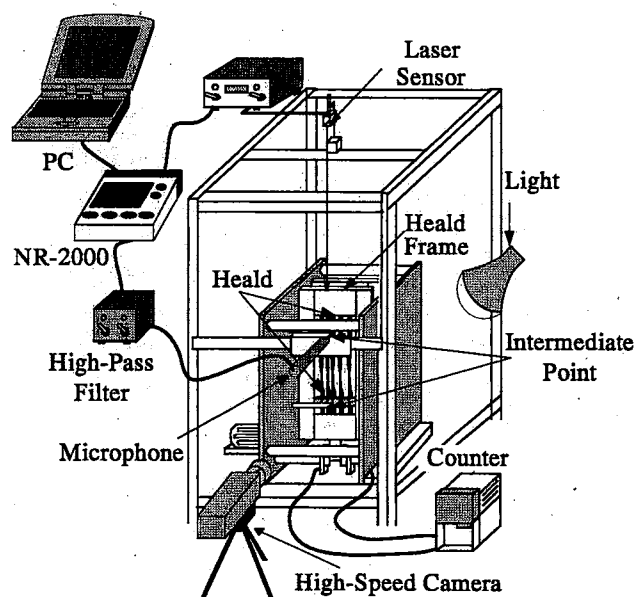


Fig.2 Experimental apparatus

たて糸を通さない場合の、回転数 240rpm におけるヘルドの挙動の撮影結果を図 3 に示す。上側の写真がヘルド上部、下側の写真がヘルド下部である。まず(a)の上側の写真のようにヘルドは上部ロッドスロット上面が上部ヘルドバー上面に接触した状態で一体となって上昇する。このとき、下側ではヘルドはヘルドバーとは接触していない。続いて(b)においてヘルドが上部ヘルドバー上面から浮き上がった状態になる。飛び跳ね後、ヘルド下部でヘルドとヘルドバーが衝突していることが(c)の下側の写真で確認できる。また(c)の上部の写真より、ヘルド同士が衝突し始めていることがわかる。その後(d)のようにヘルド上部でヘルドがヘルドバーに着地する。この時になると、ヘルド同士の横方向の衝突がヘルド上部だけでなく下部でも見られるようになる。(e)になると(d)に比べてヘルド同士の衝突が少なくなっており、上部ではヘルド同士の衝突は見られない。これらより、ヘルド同士の衝突は収束していくことがわかる。

回転数 480rpm になると、240rpm の時とは異なり上昇時の(a)の時点でヘルド上部でも下部でもかなり激しいヘルド同士の衝突が観察されるようになる。また基本的なヘルドの挙動は 240rpm の場合と同様だが、ヘルド同士の衝突はどの時点においてもかなり激しくなる。

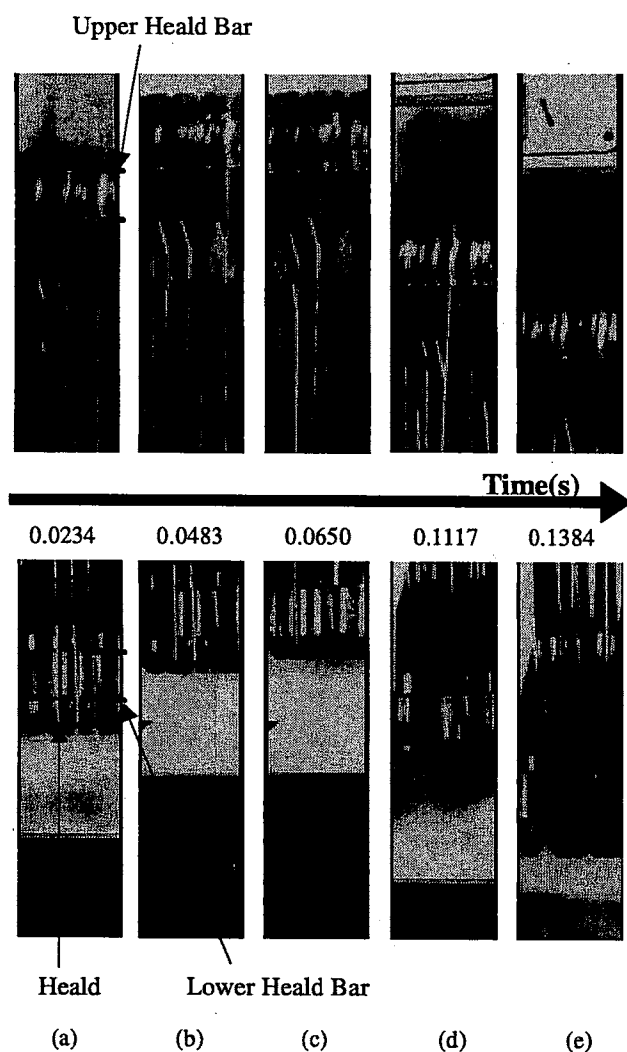


Fig.3 Pictures of behavior of heald in shedding motion
(240rpm)

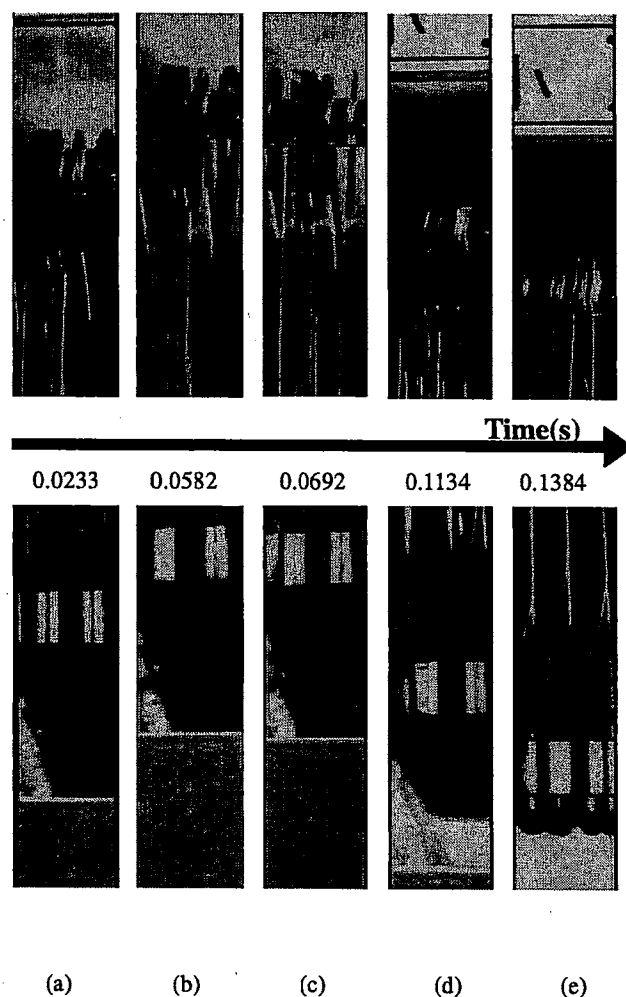


Fig.4 Pictures of behavior of heald in shedding motion
(240rpm, with warp tension 5cN)

次にたて糸を通し、5cNの張力をかけた場合の回転数240rpmでの撮影結果を図4に示す。ヘルドの基本的な挙動は変わらないが、たて糸張力なしの場合よりも遅れて飛び跳ね、勢いなく衝突する。また飛び跳ねから衝突までの時間も短い。その後ヘルド同士の衝突をしながらヘルドバー上部に着地(d)するが、この時のヘルド同士の衝突はたて糸張力をかけない場合に比べると弱いものになっている。下降時(d)になるとヘルド同士の衝突はほとんど見られなくなっている。これらよりたて糸張力の影響により、ヘルド同士の衝突もたて糸張力をかけない場合より穏やかになることが確認できる。

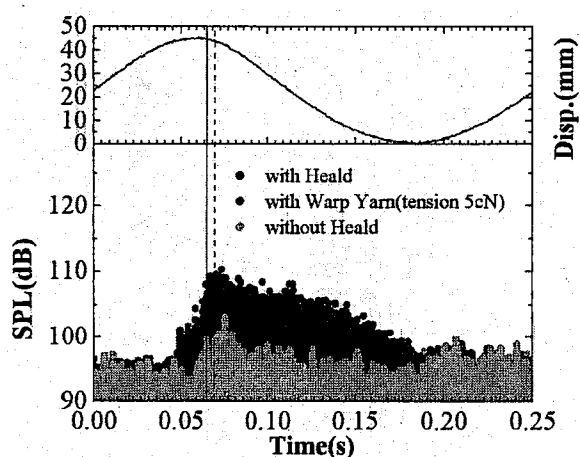
他の条件についても測定した結果、ヘルドの飛び跳ね量はたて糸張力が強いほど減少し、飛び跳ねない場合もあり、着地後の跳ね返りもたて糸張力を強くすると小さくなることが確認できた。また、ヘルドの横方向の動きもたて糸張力を強くするほど制限され、ヘルド同士の衝突も減少していくことが確認できた。

240rpmにおける騒音測定結果の一例を図5に示す。図の上側にある正弦状の曲線は、図2で示したレーザーセンサーによって測定したヘルドフレームの変位を示している。

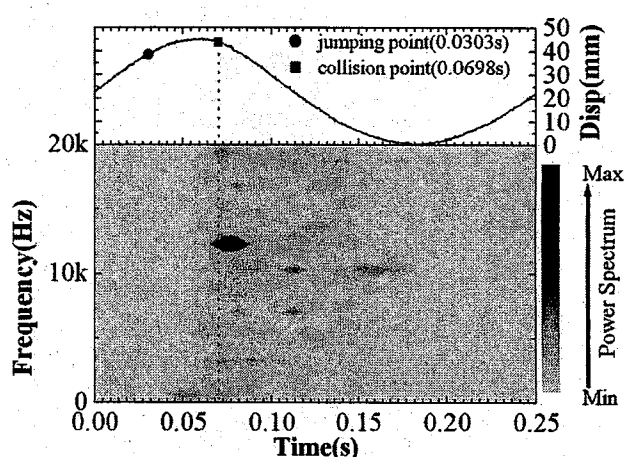
図5(a)は開ロ一周期における音圧レベルを示している。ヘルド有りの場合では、音圧レベルはヘルドなしに比べて約10dB増加している。たて糸張力5cN (with warp yarn, tension 5cN)をかけると、音圧レベルは5dB程度減少する。また図中の実線と破線で示したように、ヘルドとヘルドバーの衝突のタイミングが遅れる分、音圧レベルのピークも遅れて出る。図5(b), (c), (d)は測定結果に対し周波数解析を行い求めた開ロ一周期でのスペクトル分布を示している。正弦曲線上の丸と四角は、それぞれ先に述べた理論から求めたヘルドの飛び跳ね時間とヘルドとヘルドバーの衝突時間を示している。図5(b), (c)で、10kHz付近あたりに強いスペクトルが見られ、(d)ではその部分には全く見られないことから、この周波数付近がヘルドとヘルドバーの衝突音であると考えられる。(c)では(b)と比べ、スペクトルの分布はほぼ同じで強さが弱くなっている。このことよりヘルドとヘルドバーの衝突が緩和されていることがわかる。また衝突のタイミング以降のものはヘルド同士の衝突によるものと考えられ、(c)ではヘルド同士の衝突が低減されている。理論的に求めた衝突のタイミングと騒音のピークがほぼ一致していることが確認できる。

たて糸張力を増加させると、音圧レベルはさらに減少していった。周波数解析結果では、強いスペクトルの部分が少なくなっていく。480rpmになると、開口速度の増加に伴う開口運動の増加により騒音は大きくなり、それに伴ってヘルドの衝突音も大きくなる。たて糸張力をかけると音圧レベルの減少は見られるが、たて糸張力を増加させても240rpmほどの音圧レベルの減少は見られなかった。

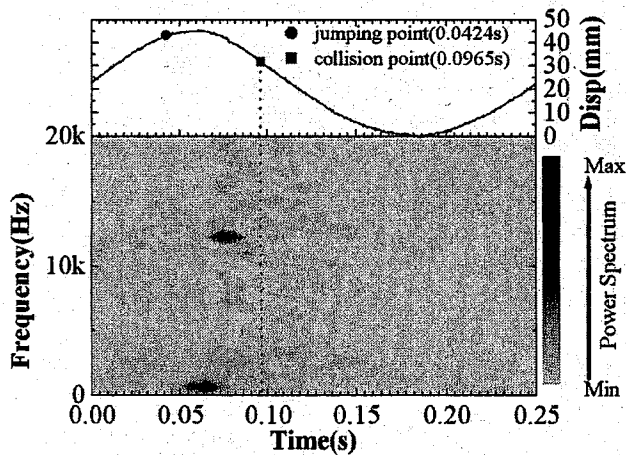
これらのことより、たて糸張力を増加させることにより、ヘルドとヘルドバーの衝突とヘルド同士の衝突が同時に低減され、騒音源のひとつであるヘルドの衝突音の低減につながることがわかった。



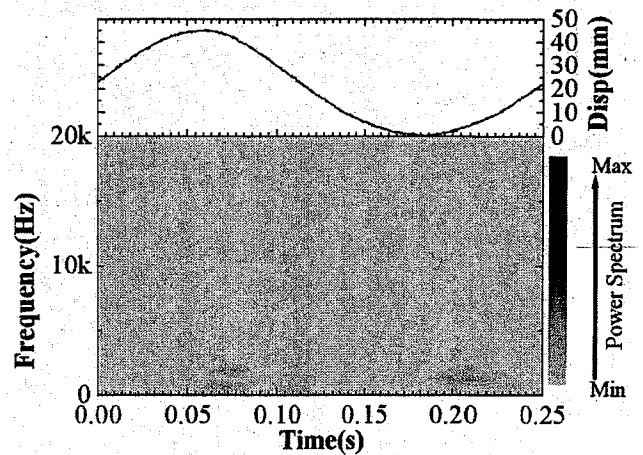
(a) Sound pressure level



(b) Power spectrum (with Heald)



(c) Power spectrum (with Warp Yarn tension 5cN)



(d) Power spectrum (without Heald)

Fig.5 Sound distribution during a shedding period at 240rpm

学位論文審査結果の要旨

当該学位論文に関し、平成 18 年 1 月 31 日、第 1 回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文及び関連資料について検討した。平成 18 年 2 月 2 日の口頭発表後、第 2 回学位論文審査委員会を開催し、慎重に協議の結果、以下の通り判定した。

本論文では開口運動中のヘルドの動きと騒音の関係を明らかにすることを目的とし、たて糸張力が加わった場合の、ヘルドの飛び跳ねからヘルドとヘルドバーの最初の衝突に至るまでの挙動を理論的に導き、衝突時刻を導出している。次にモデル開口装置を使用して、開口運動時におけるヘルドの挙動を高速度カメラで撮影・観察している。その結果、低速ではヘルドが飛び跳ねてからヘルドバーと衝突するまでの時間は長く、着地後の跳ね返りも小さいこと、高速では、飛び跳ねから衝突までの時間が短くなり、着地後の跳ね返りも大きくなり、1 周期の間ずっとヘルド同士の衝突が見られるようになること、たて糸張力を増加させるとヘルドの飛び跳ね時間が遅れ、それに伴い衝突時間も遅れること、といった理論式で得られた結果を確認し、その妥当性を検証している。併せてマイクロフォンによる騒音測定も行い、ヘルドの挙動と騒音の関係、ヘルドの衝突による騒音レベルへの影響などを検討し、理論式から導出したヘルドとヘルドバーの衝突のタイミングで音圧レベルのピークが観測されることを確認している。

以上のように本研究はヘルドに起因する騒音の低減技術に関する有益な基礎資料を提供しており、本論文は博士（工学）論文に値すると判定する。